

BEST AVAILABLE COPY
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-101185

(43)Date of publication of application : 07.04.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/183

G11B 7/125

G11B 7/135

(21)Application number : 10-284790

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 21.09.1998

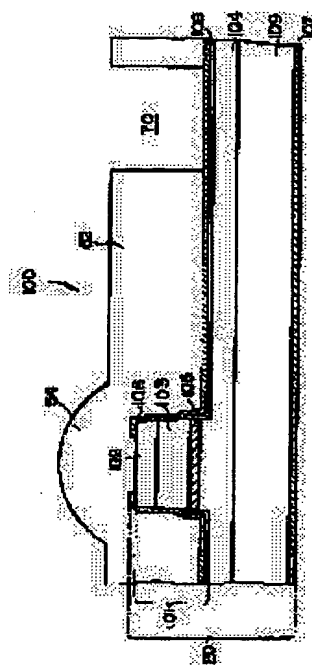
(72)Inventor : KONDO TAKAYUKI

(54) SURFACE-EMITTING TYPE SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To set the radiation angle of a laser beam to a small value and to achieve resistance with respect to a substance for deteriorating the performance of a semiconductor.

SOLUTION: In a laser 100, a laser beam is emitted from a resonator in the vertical direction on a semiconductor substrate to the semiconductor substrate in the vertical direction, a resin layer 52 is provided on the surface of a semiconductor laminate 120, and a lens-shaped part 54 is formed on the surface part. In the laser 100, a semiconductor laminate 120 including the resonator is formed on the semiconductor substrate, a stamper with the inversion-shaped part of the lens-shaped part 54 is aligned to the resonator of the semiconductor laminated 120, a resin liquid-form object is included between the semiconductor deposition body 120, and the stamper, the resin liquid-shaped object is cured for forming a resin layer, and the lens-shaped part is formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Field luminescence mold semiconductor laser by which the lens configuration section is formed in the surface section of said resin layer which it has a vertical resonator on a semi-conductor substrate, and a resin layer is prepared in the front face of the semi-conductor deposition object which is the field luminescence mold semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction perpendicular to this semi-conductor substrate from this resonator, and contains said resonator, and is located on said resonator.

[Claim 2] Field luminescence mold semiconductor laser by which the contact hole which follows an electrode is formed in the predetermined location of said resin layer in claim 1.

[Claim 3] The manufacture approach of

the field luminescence mold semiconductor laser containing the following processes (a) and (b).

(a) The process which forms the semi-conductor deposition object which deposits two or more semi-conductor layers on a semi-conductor substrate, and contains a resonator, And where alignment is carried out, said La Stampa, so that it may be the process which forms a resin layer using La Stampa which has the reversal configuration section of (b) lens configuration section and said reversal configuration section may be located on the resonator of said semi-conductor deposition object The process which the liquefied object of resin is made to intervene between said semi-conductor deposition objects and said La Stampa, and is made to harden the liquefied object of this resin, forms a resin layer, and forms the lens configuration section in the surface section of said resin layer located on said resonator.

[Claim 4] It is the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that surface treatment to which the adhesion of the mold face and said resin layer becomes lower [said La Stampa] in claim 3 than the adhesion of said resin layer and said semi-conductor deposition object is performed.

[Claim 5] It is the manufacture approach of field luminescence mold semiconductor laser that said La Stampa has the

reversal configuration section of a contact hole further in claims 3 or 4.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]
[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the field luminescence mold semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam perpendicularly to a semi-conductor substrate, and its manufacture approach.
[0002]

[Background of the Invention] Field luminescence mold semiconductor laser has the description with an isotropic and laser radiation angle of being small, compared with end-face laser. When field luminescence mold semiconductor laser is applied to the optical fiber of a large core diameter, for example, a plastic optical fiber, incidence of the laser beam can be directly carried out efficiently into a fiber without a lens etc. for the above-mentioned description. Therefore, the optical-communication module of a very easy configuration is realizable by combining a plastic optical fiber and field luminescence mold semiconductor laser.
[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since there is a fault that transfer loss is large, in order to lengthen a transmission distance, the light source of a big optical output is

needed for a plastic optical fiber. In order to increase the laser output of field luminescence mold semiconductor laser, it is effective to enlarge laser outgoing radiation aperture. However, if laser outgoing radiation aperture is enlarged, the problem that a radiation angle becomes large will arise. It results in causing directly, the fall of the quantity of light of the laser beam in which increase of a radiation angle carries out incidence to joint effectiveness, i.e., fiber incore, reduction of an installation margin, etc., when incidence is performed for a laser beam to an optical fiber for simplification of the configuration of an optical transmitting module, without minding a lens between direct coupling, i.e., an optical fiber, and the light source. Therefore, there was a problem that coexistence of simplification of securing the die length of a transmission distance and the configuration of the optical transmitting module by direct coupling was difficult.

[0004] Furthermore, if the semi-conductor which constitutes field luminescence mold semiconductor laser has exposed field luminescence mold semiconductor laser, degradation of the engine performance will be caused by oxygen, moisture, etc.

[0005] The purpose of this invention makes it possible to set up the radiation angle of a laser beam small, and is to offer the field luminescence mold

semiconductor laser which is further tolerant to the matter which degrades the engine performance of semi-conductors, such as oxygen and moisture, and its manufacture approach.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The field luminescence mold semiconductor laser of this invention has a vertical resonator on a semi-conductor substrate, a resin layer is prepared in the front face of the semi-conductor deposition object which is the field luminescence mold semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction perpendicular to this semi-conductor substrate from this resonator, and contains said resonator, and the lens configuration section is formed in the surface section of said resin layer located on said resonator.

[0007] According to this field luminescence mold semiconductor laser (henceforth a "surface emission-type laser"), since the resin layer is prepared in the front face of a semi-conductor deposition object, a laser component can be protected from the matter which degrades semi-conductors, such as oxygen and moisture.

[0008] Furthermore, by forming the lens configuration section in the surface section of a resin layer located on said resonator, in the front face, i.e., the laser outgoing radiation side, of the lens configuration section, a laser beam can be

made refracted and the radiation angle can be narrowed. Moreover, according to this configuration, since a radiation angle can be narrowed in a laser outgoing radiation side, since a laser output is increased, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small.

[0009] Moreover, the surface emission-type laser of this invention can take the configuration in which the contact hole which follows an electrode was established in the predetermined location of said resin layer.

[0010] The surface emission-type laser concerning this invention can be formed by the manufacture approach containing the following processes (a) and (b).

[0011] (a) The process which forms the semi-conductor deposition object which deposits two or more semi-conductor layers on a semi-conductor substrate, and contains a resonator, And where alignment is carried out, said La Stampa, so that it may be the process which forms a resin layer using La Stampa which has the reversal configuration section of (b) lens configuration section and said reversal configuration section may be located on the resonator of said semi-conductor deposition object The process which the liquefied object of resin is made to intervene between said semi-conductor deposition objects and said La Stampa, and is made to harden

the liquefied object of this resin, forms a resin layer, and forms the lens configuration section in the surface section of said resin layer located on said resonator.

[0012] According to this manufacture approach, since the lens configuration section can be formed using La Stampa, by the photolithography method, compared with forming the lens configuration section, it is easy, and the process which manufacture takes can be simplified. Moreover, since La Stampa can be again used repeatedly once it creates it, it can reduce a manufacturing cost and is economical.

[0013] Moreover, as for said La Stampa, it is desirable to perform surface treatment to which the adhesion of the mold face and said resin layer becomes lower than the adhesion of said resin layer and said semi-conductor deposition object.

[0014] The exfoliation can be made easy in case a resin layer and La Stampa are exfoliated by performing such surface treatment to said La Stampa.

[0015] Moreover, said La Stampa may have the reversal configuration section of a contact hole further. Thereby, the lens configuration section and a contact hole can be formed in coincidence.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of suitable operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0017] (Structure of a device) Drawing 1 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser 100 concerning the gestalt of operation of this invention.

[0018] The surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 on the n mold GaAs substrate 109 aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As and AlAs The distribution reflective mold multilayers mirror of 25 pairs which carried out the laminating by turns (It is called a "lower DBR mirror" below) GaAs with a 104 and a thickness of 3nm -- a well -- from a layer and an aluminum_{0.3}Ga_{0.7}As barrier layer with a thickness of 3nm -- changing -- this -- a well -- a layer the quantum well barrier layer 105 which consists of three layers, aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As, and aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As The laminating of the distribution reflective mold multilayers mirror (henceforth an "up DBR mirror") 103 and the contact layer 102 of 30 pairs which carried out the laminating by turns is carried out one by one, and they are formed.

[0019] The up DBR mirror 103 is used as p mold by doping Zn, and let the lower DBR mirror 104 be n mold by doping Se. Therefore, a pin diode is formed by the quantum well barrier layer 105 and the lower DBR mirror 104 by which the up DBR mirror 103 and the impurity are not doped.

[0020] The contact layer 102 needs to be the quality of the material which is

mentioned later and in which the up electrode 106 and ohmic contact are possible, and consists of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As by which it was doped in the case of the AlGaAs system ingredient (for example, three or more [10^{19}cm^{-3}] high-concentration impurities).

[0021] The pillar-shaped section 101 is formed by etching in the shape of a mesa except for a predetermined field to the middle of the contact layer 102, the up DBR mirror 103, the quantum well barrier layer 105, and the lower DBR mirror 104.

[0022] Furthermore, the side face of the pillar-shaped section 101 reaches in part, and as an insulating layer 108 covers the top face of the lower DBR mirror 104, it is formed.

[0023] And on the top face of the pillar-shaped section 101, as the up electrode 106 contacts the contact layer 102 and in the shape of a ring and covers a part of side face of the exposed pillar-shaped section 101, and front face of an insulating layer 108, it is formed. Moreover, the lower electrode 107 is formed in the bottom of the n mold GaAs substrate 109.

[0024] Furthermore, the resin layer 52 is formed so that the top face and the up electrode 106 of the pillar-shaped section 101 may be covered. Moreover, the lens configuration section 54 is formed in the surface section of the resin layer 52

located on the pillar-shaped section 101. Furthermore, the contact hole 70 is formed in the resin layer 52 so that some up electrodes 106 may be exposed.

[0025] Below, actuation of a surface emission-type laser 100 is explained.

[0026] With the up electrode 106 and the lower electrode 107, if the electrical potential difference of the forward direction is impressed to a pin diode, in the quantum well barrier layer 105, the recombination of an electron and an electron hole will happen and recombination radiation will arise. Then, in case the produced light goes back and forth between the up DBR mirror 103 and the lower DBR mirrors 104, induced emission happens and luminous intensity is amplified. If the Mitsutoshi profit turns around optical loss a top, laser oscillation will happen and outgoing radiation of the laser beam will be perpendicularly carried out to a substrate, the top face, i.e., the convex lens side, of the lens configuration section 54.

[0027] It being characteristic in the gestalt of this operation is that the resin layer 52 is formed, as are shown in drawing 1, and the top face of the pillar-shaped section 101 and some up electrodes 106 are covered. By forming the resin layer 52, a laser component is protected from the matter which degrades semi-conductors, such as oxygen and moisture.

[0028] Furthermore, by forming the lens

configuration section 54 in the surface section of the resin layer 52 located on the pillar-shaped section 101, in the top face, i.e., the convex lens side, of the lens configuration section 54, a laser beam can be made refracted and the radiation angle can be narrowed. Moreover, according to this configuration, since a radiation angle is controllable in a laser outgoing radiation side, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it becomes possible to set up a radiation angle small.

[0029] Moreover, by establishing a contact hole 70 in the resin layer 52, when a metal layer is prepared on the resin layer 52, the electric contact to this metal layer and the up electrode 106 also becomes possible.

[0030] For example, the approach using La Stampa 40 as the formation approach of the resin layer 52 equipped with the lens configuration section 54 and the contact hole 70 which were mentioned above can be mentioned.

[0031] Although especially the approach of forming the lens configuration section 54 and a contact hole 70 in this resin layer 52 is not limited, it can mention the approach of forming the lens configuration section 54 and a contact hole 70 in one, using La Stampa 40 as a desirable approach. Therefore, in the gestalt of this operation, the manufacture approach of a surface emission-type laser 100 using La Stampa as the manufacture

approach of a surface emission-type laser 100 is explained to a detail. Before explanation of the manufacture approach of a surface emission-type laser 100, the manufacture approach of La Stampa 40 is explained first.

[0032] (The manufacture approach of La Stampa) Drawing 2 and drawing 3 are the mimetic diagrams having shown a series of production processes for manufacturing La Stampa 40. Drawing 2 is the mimetic diagram having shown the production process of a mother mold, and, specifically, drawing 3 is the mimetic diagram having shown the process which manufactures La Stampa using a mother mold.

[0033] In manufacturing La Stampa 40, the mother mold 14 used as the matrix of La Stampa 40 is manufactured. First, the manufacture approach of the mother mold 14 is explained, referring to drawing 2.

[0034] (1) Apply a photoresist on the high silicon substrate 10 of surface smoothness. Then, using the photolithography method, by carrying out patterning of the photoresist, as shown in drawing 2 (a), the 1st resist layer R1 of a predetermined pattern is formed.

[0035] (2) Subsequently, make heating and a reflow, i.e., the fused resist, flow, and carry out the reconstitution of the 1st resist layer R1. Thereby, the 1st resist layer R1 deforms into a convex lens configuration as shown in drawing 2 (b)

in response to the effect of surface tension, and the 2nd resist layer R2 is formed. For example, it can carry out, using a hot plate or warm air circuit system oven as the heating approach. Although the heating conditions at the time of using a hot plate change according to the quality of the material of a resist, they are 150 degrees C or more, and are 5 minutes preferably for 2 to 10 minutes. Moreover, in the case of warm air circuit system oven, it is 160 degrees C or more, and 20 - 30 minutes is suitable for it.

[0036] (3) As the 2nd resist layer R2 and silicon substrate 10 are etched and it is shown in drawing 2 (c) after that by the dry etching method the selection ratios (henceforth a "selection ratio") of silicon to a resist layer are 0.5-1.0, form the silicon substrate 10 convex configuration section 11. The convex configuration section 11 formed here is equipped with the configuration of the lens configuration section 54 of the surface emission-type laser finally manufactured. According to this selection ratio, in this etching, that convex lens configuration can be imprinted to a silicon substrate 10, making the convex lens configuration of the 2nd resist layer R2 before performing an etching process reflect, as the fictitious outline of drawing 2 (b) shows. Consequently, the silicon substrate 10 convex configuration section 11 can be formed. The gas which mixed the oxygen which etches a resist layer into the high

gas (for example, CF₄) of etching nature positively to silicon as etching gas can be mentioned. Thus, a selection ratio can be adjusted by mixing oxygen.

[0037] (4) Subsequently, apply a photoresist on a silicon substrate 10. Then, using the photolithography method, by carrying out patterning of the photoresist, as shown in drawing 2 (d), the 3rd resist layer R3 of a predetermined pattern is formed. Then, the position of a silicon substrate 10 is etched even into the desired depth by using the 3rd resist layer R3 as a mask, and a hole 12 is formed. The hole 12 formed here is equipped with the configuration of the contact hole 70 of the surface emission-type laser 100 finally manufactured. This etching is the big etching gas 4 of a selection ratio, for example, CF. It carries out using gas etc. The 3rd resist layer R3 is removed after etching. In this way, the mother mold 14 equipped with the lens configuration section 54 of a surface emission-type laser 100 and the configuration of a contact hole 70 which are finally manufactured as shown in drawing 2 (e) is completed.

[0038] Below, how to manufacture La Stampa 40 is explained using the mother mold 14 obtained here, referring to drawing 3.

[0039] (1) As shown in drawing 3 (a), carry liquefied ultraviolet curing mold resin 30 on the field which has the convex

configuration section 11 and the hole 12 of the mother mold 14.

[0040] (2) And stick the 1st transparent back up plate 20 with the mother mold 14 through liquefied ultraviolet curing mold resin 30 to ultraviolet rays. Thus, by sticking the 1st back up plate 20 and mother mold 14, as liquefied ultraviolet curing mold resin 30 is shown in drawing 3 (b), it can apply and extend to a predetermined field, and the layer which consists of liquefied ultraviolet curing mold resin 30 between the mother mold 14 and the 1st back up plate 20 is formed. As the 1st back up plate 20, the plate which consists of borosilicate glass can be mentioned, for example.

[0041] (3) Subsequently, form the middle board 32 which consists of a resin layer which was made to harden liquefied ultraviolet curing mold resin 30, and was hardened by irradiating ultraviolet rays 24 from the 1st back-up-plate 20 side to liquefied ultraviolet curing mold resin 30. Then, as shown in drawing 3 (c), the middle board 32 and the 1st back up plate 20 used as La Stampa 40 are exfoliated from the mother mold 14 in one.

Hereafter, the field of La Stampa 40 which was in contact with the mother mold 14, and the field of the middle board 32 which was specifically in contact with the mother mold 14 are called mold side 32a. In this way, the reversal configurations of the convex configuration section 11 of the mother

mold 14 and the configuration of a hole 12 are imprinted by obtained mold side 32a.

Hereafter, the concave configuration section of La Stampa 40 corresponding to the convex configuration section 11 of the mother mold 14 is called crevice 34, and the convex configuration section of La Stampa 40 corresponding to the configuration of the hole 12 of the mother mold 14 is called heights 36. A crevice 34 turns into the reversal configuration section of the lens configuration section 54 finally manufactured, and heights 36 turn into the reversal configuration section of the contact hole finally manufactured. The middle board 32 and the 1st back up plate 20 which constitute La Stampa 40 are transparent to ultraviolet rays. Therefore, La Stampa 40 is transparent to ultraviolet rays.

[0042] (4) Subsequently, as shown in drawing 3 (d), perform surface treatment to mold side 32a. This surface treatment is for making that exfoliation easy in the thing to which it is made for the adhesion of the resin layer 52 and La Stampa 40 which are mentioned later to become lower than the adhesion of that resin layer 52 and the semi-conductor deposition object 120, i.e., the process which carries out exfoliation with the resin layer 52 mentioned later and La Stampa 40. As this surface treatment, it is CF₄, for example. The fluoridization by the gas plasma etc. can be mentioned. In this way, La Stampa 40 is completed.

[0043] (Manufacture process of a surface emission-type laser 100) Next, the manufacture process of a surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 is explained. Drawing 4 - drawing 7 are the mimetic diagrams having shown the production process of a surface emission-type laser 100.

[0044] (1) Explain first, referring to drawing 4. On the n mold GaAs substrate 109, the laminating of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As and the AlAs is carried out by turns, and the lower DBR mirror 104 of 25 pairs which doped Se is formed. next, the lower DBR mirror 104 top -- GaAs with a thickness of 3nm -- a well -- from a layer and an aluminum_{0.3}Ga_{0.7}As barrier layer with a thickness of 3nm -- changing -- this -- a well -- a layer forms the quantum well barrier layer 105 which consists of three layers. Furthermore, on the quantum well barrier layer 105, the laminating of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As and the aluminum_{0.9}Ga_{0.1}As is carried out by turns, and the up DBR mirror 103 of 30 pairs which doped Zn is formed. Then, the laminating of the contact layer 102 which consists of aluminum_{0.15}Ga_{0.85}As on the up DBR mirror 103 is carried out.

[0045] above-mentioned each class -- organic metal vapor growth (MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy) -- epitaxial growth can be carried out by law. 750 degrees C and a growth pressure are 2×10^4 Pa, at this

time, for example, growth temperature, the organic metal of TMGa (trimethylgallium) and TMAI (trimethylaluminum) can be used for an III group raw material, and it can use DEZn (dimethyl zinc) for V group raw material at H₂Se and p mold dopant at AsH₃ and n mold dopant.

[0046] Next, a photoresist is applied on the contact layer 102. Then, as patterning of the photoresist is carried out and it is shown in drawing 4 by the photolithography method, the 4th resist layer R4 of a predetermined pattern is formed.

[0047] (2) Subsequently, as shown in drawing 5, by using the 4th resist layer R4 as a mask, to the middle of the contact layer 102, the up DBR mirror 103, the quantum well barrier layer 105, and the lower DBR mirror 104, etch in the shape of a mesa and form the pillar-shaped section 101 by the reactive-ion-etching method. The reactant ion-beam-etching method for having used chlorine or chlorine-based gas (a hydrogen chloride and BCl₃) as etching gas is usually used for this etching.

[0048] (3) Subsequently, use SiH₄ gas (mono silane) and O₂ gas (oxygen), and it is N₂. Silicon oxide (SiOX film) of 100-300nm of thickness is formed on a substrate with the ordinary pressure heat CVD method which makes gas (nitrogen) carrier gas. Then, by the photolithography method and dry etching,

as shown in drawing 6, except for a part of side face of the pillar-shaped section 101, and a part of lower DBR mirror 104, etching removal of the silicon oxide is carried out, and an insulating layer 108 is formed.

[0049] Subsequently, an Au-germanium alloy and the lower electrode 107 which carried out the laminating of nickel and the Au one by one are formed in the inferior surface of tongue of a substrate 109 with a vacuum deposition method.

[0050] Furthermore, as shown in drawing 6, the up electrode 106 is formed by the lift-off method so that it may contact the contact layer 102 and in the shape of a ring on the top face of the pillar-shaped section 101 and the side face and insulating layer 108 of the pillar-shaped section 101 may be covered. Here, the metal layer which carried out the laminating of titanium, platinum, and the gold one by one is used for the up electrode 106.

[0051] The layer structure from the lower electrode 107 which contains hereafter the pillar-shaped section 101 manufactured at a series of above-mentioned processes to the up electrode 106 is only called semi-conductor deposition object 120.

[0052] (4) Next, explain the process which forms the resin layer 52 on the semi-conductor deposition object 120.

Drawing 7 shows the production process of the resin layer 52. In drawing 7, the

layer structure of the semi-conductor deposition object 120 is omitted, the outline of the semi-conductor deposition object 120 is carried out, and it is shown. [0053] The 2nd back up plate 60 is stuck on the bottom of a lower electrode at the rear face of the semi-conductor deposition object 120, and a concrete target. The 2nd back up plate 60 can raise the mechanical strength of the semi-conductor deposition object 120. Moreover, thereby, the destruction of the semi-conductor deposition object 120 by distortion which produces La Stampa 40 in the process which exfoliates from the semi-conductor deposition object 120 in the case of the exfoliation mentioned later can be prevented. Although the 2nd back up plate 60 will not be limited especially if it is flat, it can mention a glass plate etc. preferably.

[0054] (5) Carry out an ally noodle for La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120 so that the crevice 34 of La Stampa 40 may be located on the pillar-shaped section 101 of a surface emission-type laser. As the alignment approach, the following approaches can be mentioned, for example.

[0055] 1) How to position separately La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120, and to make it rival in mechanical precision.

[0056] 2) How to attach the alignment mark used as the collimation in the case of alignment, and to perform alignment

using the alignment mark on the field of the near semi-conductor deposition object 120 with which the pillar-shaped section 101 is formed when La Stampa 40 is transparent.

[0057] 3) How to prepare perpendicularly the hole which penetrates La Stampa 40 in the predetermined part of La Stampa 40 to the field where the middle board 32 and the 1st back up plate 20 touch, and to perform alignment through the hole using an above-mentioned alignment mark when La Stampa 40 is not transparent.

[0058] (6) After carrying out alignment of La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120, introduce the liquefied object 50 of resin between La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120, and as shown in drawing 7 (a), carry on the field of the semi-conductor deposition object 120. Moreover, after carrying the liquefied object 50 of resin on the field of the semi-conductor deposition object 120, alignment of La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120 may be carried out.

[0059] What is hardened by giving energy as a liquefied object 50 of resin is desirable. It becomes easy to fill up resin with resin being a liquefied object to the crevice 34 of La Stampa 40. As a liquefied object 50 of resin, the precursor of the acrylic resin of an ultraviolet curing mold, the epoxy system resin of an ultraviolet

curing mold, or the polyimide system resin of a heat-curing mold etc. can be mentioned, for example.

[0060] Since it can harden only by UV irradiation, the resin of an ultraviolet curing mold can be used easily. Moreover, since heat treatment is not added, it is not necessary to worry about the trouble resulting from the differential thermal expansion between La Stampa 40, the semi-conductor deposition object 120, the 2nd back up plate 60, etc.

[0061] The acrylic resin of an ultraviolet curing mold fits the lens at the highly transparent point.

[0062] By carrying out heating cure processing, an imide-ized reaction occurs, the precursor of the polyimide system resin of a heat-curing mold is hardened, and polyimide system resin produces it. Polyimide system resin has 80% or more of permeability in a light field, and since the refractive index is as high as 1.7-1.9, it has the advantage that the big lens effectiveness is acquired.

[0063] Especially as the introductory approach of a up to [the semi-conductor deposition object 120 of the liquefied object 50 of resin], although not limited, the approach of trickling and introducing the liquefied object 50 of resin on the semi-conductor deposition object 120 by the dispenser nozzle can be mentioned, for example.

[0064] (7) Subsequently, stick La Stampa 40 and the semi-conductor deposition

object 120 through resin. Thus, by sticking La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120, as the liquefied object 50 of resin is shown in drawing 7 (b), it can apply and extend to a predetermined field, and the layer which consists of a liquefied object 50 of resin between La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120 is formed. In addition, in case La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120 are stuck if needed, even if there are few La Stampa 40 and semi-conductor deposition objects 120, you may pressurize through either. Moreover, in order to prevent air bubbles mixing in the interior of the resin layer 52, La Stampa 40 and the semi-conductor deposition object 120 may be stuck under an about 10Pa vacuum.

[0065] (8) Then, harden the liquefied object 50 of resin. As for the hardening approach, a proper approach is chosen according to the class of liquefied object 50 of resin. When the resin of an ultraviolet curing mold is used, ultraviolet rays can be hardened by irradiating the liquefied object 50 of resin from the La Stampa 40 side. When the precursor of the polyimide system resin of a heat-curing mold is used, it can harden by carrying out heating cure processing. Although heating curing temperature changes with precursors, it is 100-400 degrees C, for example. Desirable heating curing temperature is about 150 degrees

C from a viewpoint in which the configuration metal of the viewpoint which avoids the damage by the heat of components, such as a surface emission-type laser, the viewpoint which makes small the differential thermal expansion of the semi-conductor deposition object 120 and polyimide system resin, and an up electrode prevents the anomalous diffusion to the resin layer 52.

[0066] In this way, on the semi-conductor deposition object 120, the resin layer 52 which the configuration corresponding to mold side 32a of La Stampa 40 imprinted is formed. That is, the lens configuration section 54 is formed in the part corresponding to the crevice 34 of La Stampa 40, and a contact hole 70 is formed in the part corresponding to heights 36.

[0067] (9) Exfoliate La Stampa 40 from the resin layer 52 and the semi-conductor deposition object 120. Under the present circumstances, surface treatment for making La Stampa 40 easy to separate from the resin layer 52 is performed to mold side 32a of La Stampa 40 according to the above-mentioned process. For this reason, La Stampa 40 can be easily exfoliated from the resin layer 52 and the semi-conductor deposition object 120.

[0068] (10) After exfoliating La Stampa 40, as shown in drawing 7 (c), resin may remain at the pars basilaris ossis occipitalis of the contact hole 70 of the

resin layer 52. When resin remains, it becomes impossible to fully aim at electric contact in the up electrode 106 and its metal layer to prepare a metal layer on the resin layer 52, and take electric contact for this metal layer and the up electrode 106 through a contact hole. Moreover, it is in the condition to which resin remained at the pars basilaris ossis occipitalis of a contact hole 70, for example, if wire bond is directly performed to the up electrode 106, the problem connection becomes impossible to the up electrode 106 will produce a wire. Moreover, even if a wire is connectable with the up electrode 106, the problem of it becoming impossible to fully plan etc. produces the electric contact to a wire and the up electrode 106. Therefore, it is desirable to perform one of processes between two processes shown below in order to remove the resin which remained, when resin remains at the pars basilaris ossis occipitalis of a contact hole 70.

[0069] 1) Remove the resin which remained [1st] at the pars basilaris ossis occipitalis of a contact hole 70 using ashing, i.e., the method of removing resin in a gaseous phase. Ozone ashing, plasma ashing, etc. can be mentioned as an example of ashing. Ozone ashing is the approach of carrying out the chemical reaction of the resist to ozone, and removing resin under the ambient atmosphere of high-concentration ozone.

Plasma ashing is the approach of generating the plasma of reactant gas, for example, oxygen gas, and removing resin using the plasma. Since the resin which remained about all the contact holes 70 is removable according to the approach by such ashing, there is an advantage of not requiring the processing time.

[0070] 2) Carry out [2nd] ablation of the pars basilaris ossis occipitalis of a contact hole 70 by excimer laser. That is, collimation is doubled, the excimer laser beam extracted finely is irradiated at the pars basilaris ossis occipitalis of a contact hole 70, and the resin of the pars basilaris ossis occipitalis of a contact hole 70 is burned off. According to the excimer laser, since only the pars basilaris ossis occipitalis of a contact hole 70 can ensure processing, there is an advantage that it is not necessary to worry about breakage of the lens configuration section 54.

[0071] (11) Subsequently, the surface emission-type laser 100 of this invention as exfoliates and shows the 2nd back up plate 60 to drawing 1 is completed.

[0072] Since the above-mentioned manufacture approach can form the lens configuration section 54 and a contact hole 70 in one using La Stampa 40, by the photolithography method, it is easy compared with forming the lens configuration section 54 and a contact hole 70, and can shorten sharply the time amount which manufacture takes.

Moreover, since La Stampa 40 can be

again used repeatedly once it creates it, it can reduce a manufacturing cost and is economical.

[0073] In the gestalt of the above-mentioned implementation, to ultraviolet rays, although La Stampa 40 was transparent, it is not limited to this but may consist of the quality of the material which is not transparent, for example, a metal, to ultraviolet rays. When La Stampa 40 consists of a metal, La Stampa 40 can be manufactured using electrocasting. That is, when the mother mold 14 is made to electrodeposit metals, such as nickel, by electrocasting and the mother mold 14 is removed from a metal, it is the technique metal La Stampa 40 is obtained. Manufacture of La Stampa 40 using electrocasting has the advantage that La Stampa 40 can be manufactured simple.

[0074] Moreover, in case La Stampa 40 is produced, La Stampa 40 may be produced directly, without using the mother mold 14. That is, the crevice 34 and heights 36 of La Stampa 40 can also be formed using the wet etching method. In this case, as the quality of the material of La Stampa 40, a metal, a semi-conductor substrate (for example, silicon), a quartz, glass, etc. can be used other than resin.

[0075] When that La Stampa 40 penetrates ultraviolet rays like a metal or a semi-conductor consists of the difficult quality of the material, although the liquefied object of resin cannot apply the

resin of an ultraviolet curing mold, if the precursor of thermosetting resin, for example, the polyimide system resin of the heat-curing mold mentioned above, is used, it can acquire the same operation effectiveness as the gestalt of the above-mentioned implementation.

[0076] Moreover, the surface emission-type laser of this invention is not limited to the structure of the resonator of the gestalt of the above-mentioned implementation.

[0077]

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view showing typically the surface emission-type laser concerning the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] It is the mimetic diagram having shown the production process of a mother mold.

[Drawing 3] It is the mimetic diagram having shown the process which manufactures La Stampa using a mother mold.

[Drawing 4] It is the mimetic diagram having shown the production process of the surface emission-type laser concerning the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 5] It is the mimetic diagram having shown the production process of

the surface emission-type laser concerning the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 6] It is the mimetic diagram having shown the production process of the surface emission-type laser concerning the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 7] It is the mimetic diagram having shown the production process of the surface emission-type laser concerning the gestalt of operation of this invention.

[Description of Notations]

10 Silicon Substrate

11 Convex Configuration Section

12 Hole

14 Mother Mold

20 1st Back Up Plate

24 Ultraviolet Rays

30 Liquefied Ultraviolet Curing Mold Resin

32 Middle Board

32a Mold side

34 Crevice

36 Heights

40 La Stampa

50 Liquefied Object of Resin

52 Resin Layer

54 Lens Configuration Section

60 2nd Back Up Plate

70 Contact Hole

101 Pillar-shaped Section

102 Contact Layer

103 Up DBR Mirror

104 Lower DBR Mirror

105 Quantum Well Barrier Layer

106 Up Electrode

107 Lower Electrode

108 Insulating Layer

109 Substrate

120 Semi-conductor Deposition Object

R1 1st resist layer

R2 2nd resist layer

R3 3rd resist layer

R4 4th resist layer

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-101185

(P2000-101185A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000.4.7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 S 5/183		H 0 1 S 3/18	6 5 2
G 1 1 B 7/125		G 1 1 B 7/125	A
7/135		7/135	Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-284790

(22) 出願日 平成10年9月21日 (1998.9.21)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 近藤 貴幸

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100090479

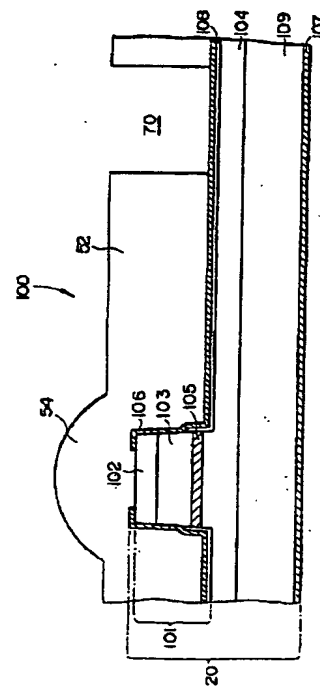
弁理士 井上 一 (外2名)

(54) 【発明の名称】 面発光型半導体レーザおよびその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 レーザ光の放射角を小さく設定でき、更に、半導体の性能を劣化させる物質に対して耐性のある面発光型半導体レーザおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 面発光型半導体レーザ100は、半導体基板上に有する垂直方向の共振器より半導体基板に垂直方向にレーザ光を出射し、半導体堆積体120表面に、樹脂層52を設け、該表面部にレンズ形状部54を形成し、この半導体レーザは半導体基板上、共振器を含む半導体堆積体形成し、レンズ形状部54の反転形状部を有するスタンプを、反転形状部が半導体堆積体の共振器上に位置合わせし、半導体堆積体とスタンプ間に樹脂の液状物を介在させ、樹脂の液状物を硬化させて樹脂層を形成し、レンズ形状部を形成して製造される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、該共振器より該半導体基板に垂直な方向にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、前記共振器を含む半導体堆積体の表面に、樹脂層が設けられ、前記共振器の上に位置する前記樹脂層の表面部にレンズ形状部が形成されている面発光型半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1において、前記樹脂層の所定位置に電極に連続するコンタクトホールが形成されている面発光型半導体レーザ。

【請求項3】 以下の工程(a)および(b)を含む面発光型半導体レーザの製造方法。

(a) 半導体基板上に、複数の半導体層を堆積して、共振器を含む半導体堆積体を形成する工程、および(b) レンズ形状部の反転形状部を有するスタンプを用いて樹脂層を形成する工程であって、前記反転形状部が前記半導体堆積体の共振器上に位置するように、前記スタンプを位置合わせした状態で、前記半導体堆積体と前記スタンプとの間に樹脂の液状物を介在させ、該樹脂の液状物を硬化させて樹脂層を形成し、前記共振器の上に位置する前記樹脂層の表面部にレンズ形状部を形成する工程。

【請求項4】 請求項3において前記スタンプは、その型面と前記樹脂層との密着性が前記樹脂層と前記半導体堆積体との密着性よりも低くなるような表面処理が施されている、面発光型半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 請求項3または4において、前記スタンプは、さらに、コンタクトホールの反転形状部を有する、面発光型半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板に対して垂直にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザおよびその製造方法に関する。

【0002】

【背景技術】 面発光型半導体レーザは、端面レーザに比べてレーザ放射角が等方的で、かつ、小さいという特徴を有している。面発光型半導体レーザを大コア径の光ファイバー、たとえば、プラスチック光ファイバーに適用した場合には、上記の特徴のため、レンズなどを介さず、直接にレーザ光をファイバー内に効率よく入射することができる。そのため、プラスチック光ファイバーと面発光型半導体レーザを組み合わせるにより、きわめて簡単な構成の光通信モジュールを実現することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、プラスチック光ファイバーには、伝達損失が大きいという欠点があるため、伝送距離を長くするには、大きな光出力の

光源が必要になる。面発光型半導体レーザのレーザ出力を増すには、レーザ出射口径を大きくすることが有効である。しかし、レーザ出射口径を大きくすると放射角が大きくなるという問題が生じる。光送信モジュールの構成の簡略化のため、直接結合、すなわち、光ファイバーと光源との間にレンズを介さずに、直接にレーザ光を光ファイバーに入射を行った場合において、放射角の増大は、結合効率、すなわち、ファイバーコア内に入射するレーザ光の光量の低下および取り付けマージンの減少などを招く結果となる。そのため、伝送距離の長さを確保することと、直接結合による光送信モジュールの構成の簡略化の両立が難しいという問題があった。

【0004】 さらに、面発光型半導体レーザは、面発光型半導体レーザを構成する半導体が露出していると、酸素や水分などにより、性能の劣化が引き起こされる。

【0005】 本発明の目的は、レーザ光の放射角を小さく設定することを可能とし、さらに、酸素や水分などの半導体の性能を劣化させる物質に対して耐性のある面発光型半導体レーザおよびその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の面発光型半導体レーザは、半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、該共振器より該半導体基板に垂直な方向にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザであって、前記共振器を含む半導体堆積体の表面に、樹脂層が設けられ、前記共振器の上に位置する前記樹脂層の表面部にレンズ形状部が形成されている。

【0007】 この面発光型半導体レーザ（以下「面発光レーザ」という）によれば、半導体堆積体の表面に、樹脂層を設けているため、酸素や水分など半導体を劣化させる物質からレーザ素子を保護することができる。

【0008】 さらに、前記共振器の上に位置する樹脂層の表面部にレンズ形状部が形成されていることにより、レンズ形状部の表面、すなわち、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、この構成によれば、レーザ出射面において放射角を狭めることができるため、レーザ出力を増すためにレーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0009】 また、本発明の面発光レーザは、前記樹脂層の所定位置に電極に連続するコンタクトホールが設けられた構成をとることができる。

【0010】 本発明にかかる面発光レーザは、以下の工程(a)および(b)を含む製造方法により、形成することができる。

【0011】 (a) 半導体基板上に、複数の半導体層を堆積して、共振器を含む半導体堆積体を形成する工程、および(b) レンズ形状部の反転形状部を有するスタンプを用いて樹脂層を形成する工程であって、前記反転形

状部が前記半導体堆積体の共振器上に位置するように、前記スタンプを位置合わせした状態で、前記半導体堆積体と前記スタンプとの間に樹脂の液状物を介在させ、該樹脂の液状物を硬化させて樹脂層を形成し、前記共振器の上に位置する前記樹脂層の表面部にレンズ形状部を形成する工程。

【0012】この製造方法によれば、スタンプを利用してレンズ形状部を形成することができるため、フォトリソグラフィ法により、レンズ形状部を形成することと比べて、簡単であり、製造に要する工程を簡略化できる。また、スタンプは、一度作成すれば、再度繰り返して使用することができるため、製造コストを削減することができる、経済的である。

【0013】また、前記スタンプは、その型面と前記樹脂層との密着性が前記樹脂層と前記半導体堆積体との密着性よりも低くなるような表面処理が施されていることが望ましい。

【0014】このような表面処理が前記スタンプに施されることにより、樹脂層とスタンプを剥離する際に、その剥離を容易にすることができる。

【0015】また、前記スタンプは、さらに、コンタクトホール of 反転形状部を有していてもよい。これにより、同時に、レンズ形状部とコンタクトホールを形成することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0017】(デバイスの構造) 図1は、本発明の実施の形態にかかる面発光レーザ100を模式的に示す断面図である。

【0018】図1に示す面発光レーザ100は、n型GaAs基板109上に、 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ とAlAsとを交互に積層した25ペアの分布反射型多層膜ミラー(以下「下部DBRミラー」という)104、厚さ3nmのGaAsウエル層と厚さ3nmの $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ バリア層から成り該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105、 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ と $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ とを交互に積層した30ペアの分布反射型多層膜ミラー(以下「上部DBRミラー」という)103およびコンタクト層102が順次積層されて形成されている。

【0019】上部DBRミラー103は、Znがドーピングされることにより、p型にされ、下部DBRミラー104は、Seがドーピングされることにより、n型とされている。したがって、上部DBRミラー103、不純物がドーピングされていない量子井戸活性層105および下部DBRミラー104とで、pinダイオードが形成される。

【0020】コンタクト層102は、後述する上部電極106とオーミック接触可能な材質であることが必要

で、AlGaAs系材料の場合、たとえば、 10^{18}cm^{-3} 以上の高濃度の不純物がドーピングされた $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ からなる。

【0021】コンタクト層102、上部DBRミラー103、量子井戸活性層105および下部DBRミラー104の途中まで、所定の領域を除き、メサ状にエッチングすることにより、柱状部101が形成されている。

【0022】さらに、絶縁層108は、柱状部101の側面の一部分および下部DBRミラー104の上面を覆うようにして形成されている。

【0023】そして、上部電極106は、柱状部101の上面において、コンタクト層102とリング状に接触し、露出した柱状部101の側面、および絶縁層108の表面の一部を覆うようにして形成されている。また、n型GaAs基板109の下には、下部電極107が形成されている。

【0024】さらに、柱状部101の上面および上部電極106を覆うように樹脂層52が形成されている。また、柱状部101の上に位置する樹脂層52の表面部には、レンズ形状部54が形成されている。さらに、樹脂層52には、上部電極106の一部分が露出するように、コンタクトホール70が形成されている。

【0025】以下に、面発光レーザ100の動作を説明する。

【0026】上部電極106と下部電極107とで、pinダイオードに順方向の電圧を印加すると、量子井戸活性層105において、電子と正孔との再結合が起こり、再結合発光が生じる。そこで生じた光が上部DBRミラー103と下部DBRミラー104との間を往復する際、誘導放出が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわるとレーザ発振が起こり、レンズ形状部54の上面、すなわち、凸レンズ面から基板に対して垂直方向にレーザ光が出射される。

【0027】本実施の形態において特徴的なことは、図1に示すように、柱状部101の上面および上部電極106の一部分を覆うように、樹脂層52が形成されていることである。樹脂層52を形成することで、酸素や水分など半導体を劣化させる物質からレーザ素子を保護する。

【0028】さらに、柱状部101の上に位置する樹脂層52の表面部にレンズ形状部54が形成されていることにより、レンズ形状部54の上面、すなわち、凸レンズ面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、この構成によれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することが可能となる。

【0029】また、樹脂層52にコンタクトホール70を設けることにより、樹脂層52の上に金属層を設けた場合において、この金属層と上部電極106との電氣的

10

20

30

40

50

な接触も可能となる。

【0030】上述したレンズ形状部54およびコンタクトホール70を具えた樹脂層52の形成方法としては、たとえば、スタンプ40を用いる方法を挙げることができる。

【0031】この樹脂層52にレンズ形状部54およびコンタクトホール70を形成する方法は、特に限定されるものではないが、好ましい方法として、たとえば、スタンプ40を用いて、一体的にレンズ形状部54とコンタクトホール70を形成する方法を挙げることができる。そのため、本実施の形態において面発光レーザ100の製造方法として、スタンプを用いた面発光レーザ100の製造方法について詳細に説明する。面発光レーザ100の製造方法の説明の前に、まず、スタンプ40の製造方法について説明する。

【0032】(スタンプの製造方法)図2および図3は、スタンプ40を製造するための一連の製造工程を示した模式図である。具体的には、図2は、マザー型の製造工程を示した模式図であり、図3は、マザー型を利用してスタンプを製造する工程を示した模式図である。

【0033】スタンプ40を製造するにあたって、スタンプ40の母型となるマザー型14を製造する。まず、図2を参照しながら、マザー型14の製造方法を説明する。

【0034】(1)平坦性の高いシリコン基板10上に、フォトリソグラーフ法を用いて、フォトリソグラーフ法を用いて、フォトリソグラーフ法を用いて、図2(a)に示すように、所定のパターンの第1のレジスト層R1を形成する。

【0035】(2)次いで、第1のレジスト層R1を加熱、リフロー、すなわち、溶融したレジストを流動させて再形成する。これにより、第1のレジスト層R1は、表面張力の影響を受けて、図2(b)に示すような凸レンズ形状に変形し、第2のレジスト層R2が形成される。加熱方法としては、例えば、ホットプレートまたは温風循環式オープンなどを用いて行うことができる。ホットプレートを使用した場合の加熱条件は、レジストの材質により変わるが、150℃以上で、2～10分、好ましくは5分である。また、温風循環式オープンの場合は、160℃以上で、20～30分が適当である。

【0036】(3)その後、レジスト層に対するシリコンの選択比(以下「選択比」という)が0.5～1.0であるドライエッチング法により、第2のレジスト層R2とシリコン基板10をエッチングし、図2(c)に示すように、シリコン基板10上に凸形状部11を形成する。ここで形成された凸形状部11は、最終的に製造される面発光レーザのレンズ形状部54の形状を具えている。この選択比によれば、このエッチングにおいて、図2(b)の想像線で示すように、エッチング工程を行う前の第2のレジスト層R2の凸レンズ形状を反映させな

がら、シリコン基板10にその凸レンズ形状を転写することができる。その結果、シリコン基板10上に凸形状部11を形成することができる。エッチングガスとしては、シリコンに対してエッチング性の高いガス(たとえばCF₄)に、レジスト層を積極的にエッチングする酸素を混合したガスなどを挙げることができる。このように酸素を混合することにより、選択比の調節をすることができる。

【0037】(4)次いで、シリコン基板10上に、フォトリソグラーフ法を用いて、フォトリソグラーフ法を用いて、図2(d)に示すように、所定のパターンの第3のレジスト層R3を形成する。続いて、第3のレジスト層R3をマスクとして、シリコン基板10の所定の位置を、所望の深さにまでエッチングし、ホール12を形成する。ここで形成されたホール12は、最終的に製造される面発光レーザ100のコンタクトホール70の形状を具えている。このエッチングは、選択比の大きなエッチングガス、たとえば、CF₄ ガスなどを用いて行う。エッチング後、第3のレジスト層R3を除去する。こうして、図2(e)に示すような、最終的に製造される面発光レーザ100のレンズ形状部54とコンタクトホール70の形状を具えたマザー型14が完成する。

【0038】以下に、ここで得られたマザー型14を用いて、スタンプ40を製造する方法を、図3を参照しながら説明する。

【0039】(1)図3(a)に示すように、マザー型14の、凸形状部11およびホール12を有する面上に、液状の紫外線硬化型樹脂30を載せる。

【0040】(2)そして、紫外線に対して透明な第1の補強板20を、液状の紫外線硬化型樹脂30を介してマザー型14と密着させる。このように第1の補強板20とマザー型14とを密着させることにより、液状の紫外線硬化型樹脂30は、図3(b)に示すように、所定領域まで塗り広げられ、マザー型14と第1の補強板20との間に液状の紫外線硬化型樹脂30からなる層が形成される。第1の補強板20としては、たとえば、ホウケイ酸ガラスからなる板を挙げることができる。

【0041】(3)ついで、第1の補強板20側から、液状の紫外線硬化型樹脂30に対して紫外線24を照射することにより、液状の紫外線硬化型樹脂30を硬化させ、硬化した樹脂層からなる中間盤32を形成する。その後、図3(c)に示すように、スタンプ40となる中間盤32と第1の補強板20とを一体的にマザー型14から剥離する。以下、マザー型14と接していたスタンプ40の面、具体的には、マザー型14と接していた中間盤32の面を鋳型面32aという。こうして得られた鋳型面32aには、マザー型14の凸形状部11とホール12の形状の反転形状が転写されている。以下、マザー型14の凸形状部11に対応するスタンプ40の凹形

状部を凹部34といい、マザー型14のホール12の形状に対応するスタンプ40の凸形状部を凸部36という。凹部34は、最終的に製造されるレンズ形状部54の反転形状部となり、凸部36は、最終的に製造されるコンタクトホールの反転形状部となる。スタンプ40を構成する中間盤32および第1の補強板20は、紫外線に対して透明である。そのため、スタンプ40は、紫外線に対して透明である。

【0042】(4) 次いで、図3(d)に示すように、鋳型面32aに、表面処理を施す。この表面処理は、後述する樹脂層52とスタンプ40との密着性がその樹脂層52と半導体堆積体120の密着性よりも低くなるようにするもの、すなわち、後述する樹脂層52とスタンプ40との剥離をする工程において、その剥離を容易にするためのものである。この表面処理としては、たとえば、 CF_4 ガスプラズマによるフッ素処理などを挙げることができる。こうして、スタンプ40が完成する。

【0043】(面発光レーザ100の製造プロセス) 次に、図1に示す面発光レーザ100の製造プロセスについて説明する。図4~図7は、面発光レーザ100の製造工程を示した模式図である。

【0044】(1) まず、図4を参照しながら説明する。n型GaAs基板109上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ と $AlAs$ とを交互に積層し、Seをドーピングした25ベアの下部DBRミラー104を形成する。次に、下部DBRミラー104上に、厚さ3nmのGaAsウエル層と、厚さ3nmの $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ バリア層から成り、該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105を形成する。さらに、量子井戸活性層105上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ と $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ とを交互に積層し、Znをドーピングした30ベアの上部DBRミラー103を形成する。その後、上部DBRミラー103上に、 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ からなるコンタクト層102を積層する。

【0045】上記の各層は、有機金属気相成長(MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy)法でエピタキシャル成長させることができる。このとき、例えば、成長温度は、750℃、成長圧力は、 2×10^4 Paで、III族原料にTMGa(トリメチルガリウム)、TMAI(トリメチルアルミニウム)の有機金属を用い、V族原料に AsH_3 、n型ドーパントに H_2Se 、p型ドーパントにDEZn(ジメチル亜鉛)を用いることができる。

【0046】次に、コンタクト層102上に、フォトリジストを塗布する。その後、フォトリソグラフィー法により、フォトリジストをパターニングし、図4に示すように、所定のパターンの第4のレジスト層R4を形成する。

【0047】(2) 次いで、図5に示すように、第4のレジスト層R4をマスクとして、反応性イオンエッチン

グ法により、コンタクト層102、上部DBRミラー103、量子井戸活性層105および下部DBRミラー104の途中まで、メサ状にエッチングし、柱状部101を形成する。このエッチングには、通常、エッチングガスとして塩素または塩素系ガス(塩化水素、 BCl_3)を用いた、反応性イオンビームエッチング法が使われる。

【0048】(3) 次いで、 SiH_4 (モノシラン)ガスと O_2 (酸素)ガスを用い、 N_2 (窒素)ガスをキャリアガスとする常圧熱CVD法により、基板上に、例えば、膜厚100~300nmのシリコン酸化膜(SiO_x 膜)を形成する。その後、フォトリソグラフィー法とドライエッチングにより、図6に示すように、柱状部101の側面の一部および下部DBRミラー104の一部を除き、シリコン酸化膜をエッチング除去して、絶縁層108を形成する。

【0049】次いで、基板109の下面に、真空蒸着法により、Au-Ge合金、Ni、Auを順次積層した下部電極107を形成する。

【0050】さらに、図6に示すように、柱状部101の上面においてコンタクト層102とリング状に接触し、かつ、柱状部101の側面および絶縁層108を覆うように、上部電極106をリフトオフ法により形成する。ここでは、上部電極106には、チタン、白金、金を順次積層した金属層を用いる。

【0051】以下、上記一連の工程で製造された柱状部101を含む下部電極107から上部電極106までの層構造を単に半導体堆積体120という。

【0052】(4) 次に、半導体堆積体120上に樹脂層52を形成するプロセスについて説明する。図7は、樹脂層52の製造工程を示したものである。図7においては、半導体堆積体120の層構造を省略し、半導体堆積体120を概略して示す。

【0053】半導体堆積体120の裏面、具体的には、下部電極の下に、第2の補強板60を貼り付ける。第2の補強板60により、半導体堆積体120の機械的強度を高めることができる。また、これにより、後述する、スタンプ40を半導体堆積体120から剥離する工程において、その剥離の際に生じる歪みによる半導体堆積体120の破壊を防止することができる。第2の補強板60は、平坦であれば特に限定されないが、好ましくは、ガラス板などを挙げることができる。

【0054】(5) スタンプ40の凹部34が面発光レーザの柱状部101の上に位置するように、スタンプ40と半導体堆積体120とをアライメントをする。アライメント方法としては、たとえば、以下の方法を挙げることができる。

【0055】1) スタンプ40と半導体堆積体120とを別々に位置決めし、機械的精度で張り合わせる方法、

【0056】2) スタンプ40が透明な場合において、

10

20

30

40

50

柱状部101が形成されている側の半導体堆積体120の面上に、アライメントの際の照準となるアライメントマークを付して、そのアライメントマークを利用してアライメントを行う方法。

【0057】3) スタンパ40が透明でない場合には、スタンパ40の所定の部分において、中間盤32と第1の補強板20とが接する面に対して、垂直方向にスタンパ40を貫通する孔を設け、その孔を介して、上述のアライメントマークを利用してアライメントを行う方法。

【0058】(6) スタンパ40と半導体堆積体120とをアライメントした後、樹脂の液状物50をスタンパ40と半導体堆積体120との間に導入し、図7(a)に示すように、半導体堆積体120の面上に載せる。また、樹脂の液状物50を半導体堆積体120の面上に載せた後、スタンパ40と半導体堆積体120とをアライメントしてもよい。

【0059】樹脂の液状物50としては、エネルギーを付与することにより硬化するものが好ましい。樹脂が液状物であることで、スタンパ40の凹部34へ樹脂を充填することが容易となる。樹脂の液状物50としては、たとえば、紫外線硬化型のアクリル系樹脂、紫外線硬化型のエポキシ系樹脂あるいは熱硬化型のポリイミド系樹脂の前駆体などを挙げることができる。

【0060】紫外線硬化型の樹脂は、紫外線照射のみで硬化することができるので、手軽に使用することができる。また、熱処理を加えないので、スタンパ40、半導体堆積体120および第2の補強板60などの間の熱膨張差に起因するトラブルを心配する必要がない。

【0061】紫外線硬化型のアクリル系樹脂は、透明度が高い点で、レンズに適している。

【0062】熱硬化型のポリイミド系樹脂の前駆体は、加熱キュア処理されることにより、イミド化反応が起こり、硬化してポリイミド系樹脂が生じる。ポリイミド系樹脂は、可視光領域で80%以上の透過率を有し、屈折率が1.7~1.9と高いため、大きなレンズ効果が得られるという利点がある。

【0063】樹脂の液状物50の半導体堆積体120上への導入方法としては、特に限定されるものではないが、たとえば、ディスペンサノズルによって、樹脂の液状物50を半導体堆積体120上に滴下して導入する方法を挙げることができる。

【0064】(7) 次いで、スタンパ40と半導体堆積体120とを、樹脂を介して密着させる。このように、スタンパ40と半導体堆積体120とを密着させることにより、樹脂の液状物50は、図7(b)に示すように、所定領域まで塗り広げられ、スタンパ40と半導体堆積体120との間に樹脂の液状物50からなる層が形成される。なお、必要に応じて、スタンパ40と半導体堆積体120とを貼り合わせる際に、スタンパ40および半導体堆積体120の少なくともいずれか一方を介し

て加圧してもよい。また、樹脂層52の内部に気泡が混入することを防ぐため、10Pa程度の真空下で、スタンパ40と半導体堆積体120とを密着させてもよい。

【0065】(8) 続いて、樹脂の液状物50を硬化する。硬化方法は、樹脂の液状物50の種類に応じて、適宜の方法が選ばれる。紫外線硬化型の樹脂を用いた場合には、紫外線をスタンパ40側から樹脂の液状物50に照射することにより、硬化することができる。熱硬化型のポリイミド系樹脂の前駆体を用いた場合には、加熱キュア処理することにより、硬化することができる。加熱キュア温度は、前駆体によって異なるが、たとえば、100~400℃である。好ましい加熱キュア温度は、面発光レーザなどの素子の熱によるダメージを避ける観点、半導体堆積体120とポリイミド系樹脂の熱膨張差を小さくする観点および上部電極の構成金属が樹脂層52への異常拡散を防止する観点から、150℃程度である。

【0066】こうして、半導体堆積体120上には、スタンパ40の鋳型面32aに対応した形状が転写した樹脂層52が形成される。すなわち、スタンパ40の凹部34に対応する部分に、レンズ形状部54が形成され、凸部36に対応する部分に、コンタクトホール70が形成される。

【0067】(9) スタンパ40を樹脂層52および半導体堆積体120から剥離する。この際、スタンパ40の鋳型面32aには、前述の工程により、スタンパ40が樹脂層52から離れ易くするための表面処理が施されている。このため、容易にスタンパ40を樹脂層52および半導体堆積体120から剥離することができる。

【0068】(10) スタンパ40を剥離した後、図7(c)に示すように、樹脂層52のコンタクトホール70の底部に樹脂が残存する場合がある。樹脂が残存してしまうと、樹脂層52の上に金属層を設け、この金属層と上部電極106とをコンタクトホールを介して電気的な接触を取りたい場合に、上部電極106とその金属層との電気的な接触が十分に図れなくなる。また、コンタクトホール70の底部に樹脂が残存した状態で、たとえば、上部電極106に直接にワイヤーボンドを行うと、ワイヤーを上部電極106に接続ができなくなる問題が生じたりする。また、ワイヤーを上部電極106に接続できたとしても、ワイヤーと上部電極106との電気的な接触が十分に図れなくなるなどの問題が生じる。そのため、コンタクトホール70の底部に樹脂が残存した場合には、その残存した樹脂を除去するために、たとえば、以下に示す2つの工程のうち、いずれかの工程を行うことが望ましい。

【0069】1) 第1に、アッシング、すなわち、樹脂を気相中で除去する方法を用いてコンタクトホール70の底部に残存した樹脂を除去する。アッシングの具体例としては、オゾンアッシング、プラズマアッシングなど

11

を挙げることができる。オゾンアッシングは、高濃度のオゾンの雰囲気下で、オゾンとレジストを化学反応させて、樹脂を除去する方法である。プラズマアッシングは、反応性ガス、たとえば、酸素ガスのプラズマを発生させて、そのプラズマを利用して樹脂を除去する方法である。このようなアッシングによる方法によれば、全てのコンタクトホール70について残存した樹脂を除去することができるので、処理時間を要しないという利点がある。

【0070】2) 第2に、コンタクトホール70の底部をエキシマレーザでアブレーションする。すなわち、細かく絞ったエキシマレーザビームをコンタクトホール70の底部に照準を合わせて照射し、コンタクトホール70の底部の樹脂を焼き飛ばす。エキシマレーザによれば、確実にコンタクトホール70の底部のみ処理を行うことができるので、レンズ形状部54の破損を心配する必要がないという利点がある。

【0071】(11) 次いで、第2の補強板60を剥離し、図1に示すような、本発明の面発光レーザ100が完成する。

【0072】上述の製造方法は、スタンプ40を利用して一体的にレンズ形状部54とコンタクトホール70を形成することができるため、フォトリソグラフィ法により、レンズ形状部54とコンタクトホール70を形成することに比べて、簡単であり、製造に要する時間を大幅に短縮することができる。また、スタンプ40は、一度作成すれば、再度繰り返して使用することができるため、製造コストを削減することができ、経済的である。

【0073】上記実施の形態において、スタンプ40は、紫外線に対して透明であるものであったが、これに限定されず、紫外線に対して透明でない材質、たとえば金属からなってもよい。スタンプ40が金属からなる場合には、電鍍を用いてスタンプ40を製造することができる。すなわち、マザー型14にニッケルなどの金属を電鍍により電着させ、マザー型14を金属から取り除くと金属製のスタンプ40が得られるという手法である。電鍍を用いたスタンプ40の製造は、簡便にスタンプ40を製造することができるという利点を有している。

【0074】また、スタンプ40を作製する際、マザー型14を用いずに、直接にスタンプ40を作製してもよい。すなわち、ウェットエッチング法を用いて、スタンプ40の凹部34および凸部36を形成することもできる。この場合には、スタンプ40の材質としては、樹脂の他に、金属、半導体基板（たとえばシリコン）、石英、ガラスなどを用いることができる。

【0075】スタンプ40が金属や半導体のように紫外線を透過することが困難な材質からなる場合には、樹脂の液状物は、紫外線硬化型の樹脂を適用することはできないが、熱硬化性の樹脂、たとえば、上述した熱硬化型のポリイミド系樹脂の前駆体を使用すれば、上記実施の

12

形態と同様の作用効果を得られる。

【0076】また、本発明の面発光レーザは、上記実施の形態の共振器の構造には限定されない。

【0077】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態にかかる面発光レーザを模式的に示す断面図である。

【図2】マザー型の製造工程を示した模式図である。

【図3】マザー型を利用してスタンプを製造する工程を示した模式図である。

【図4】本発明の実施の形態にかかる面発光レーザの製造工程を示した模式図である。

【図5】本発明の実施の形態にかかる面発光レーザの製造工程を示した模式図である。

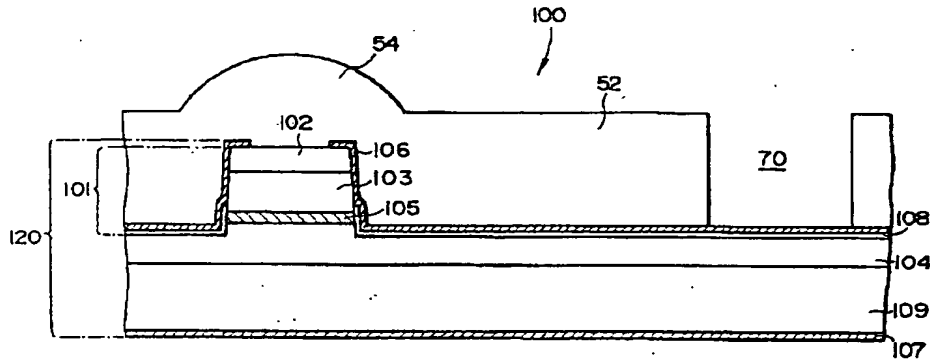
【図6】本発明の実施の形態にかかる面発光レーザの製造工程を示した模式図である。

【図7】本発明の実施の形態にかかる面発光レーザの製造工程を示した模式図である。

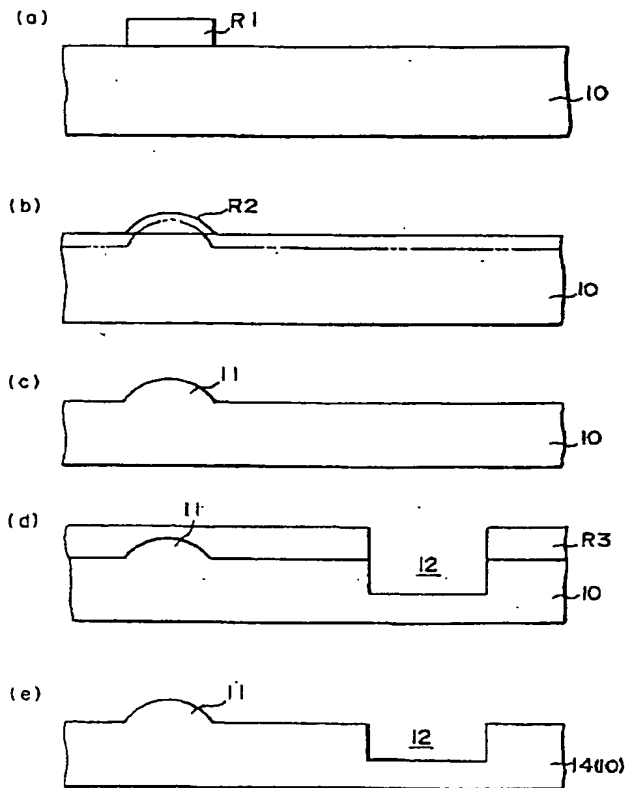
【符号の説明】

10	シリコン基板
11	凸形状部
12	ホール
14	マザー型
20	第1の補強板
24	紫外線
30	液状の紫外線硬化型樹脂
32	中間盤
32a	鋳型面
34	凹部
36	凸部
40	スタンプ
50	樹脂の液状物
52	樹脂層
54	レンズ形状部
60	第2の補強板
70	コンタクトホール
101	柱状部
102	コンタクト層
103	上部DBRミラー
104	下部DBRミラー
105	量子井戸活性層
106	上部電極
107	下部電極
108	絶縁層
109	基板
120	半導体堆積体
R1	第1のレジスト層
R2	第2のレジスト層
R3	第3のレジスト層
R4	第4のレジスト層

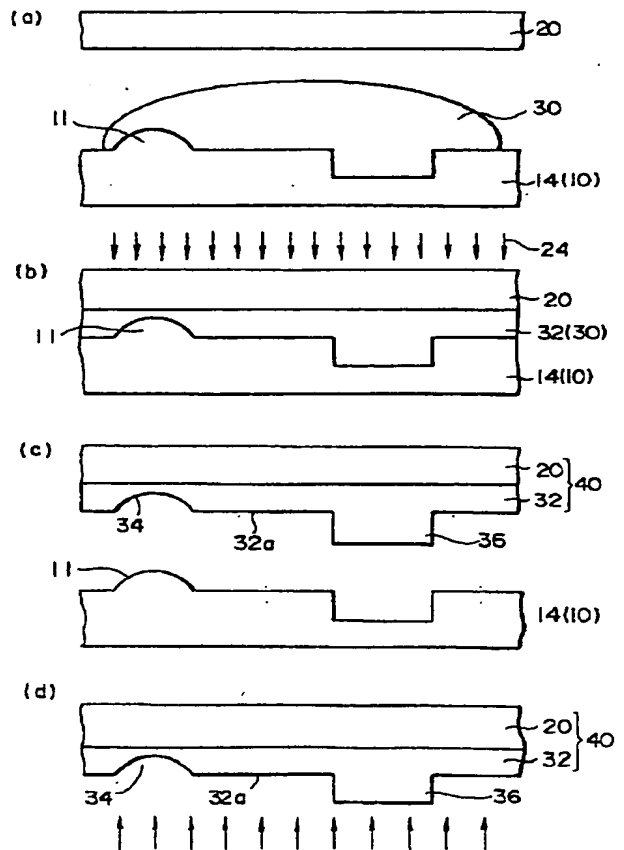
【図1】



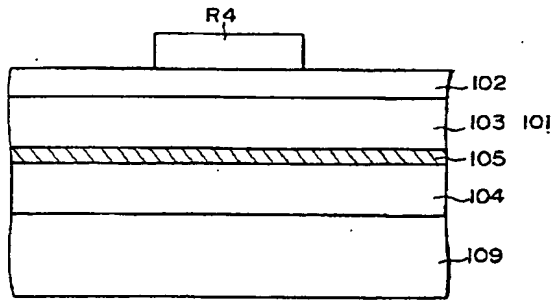
【図2】



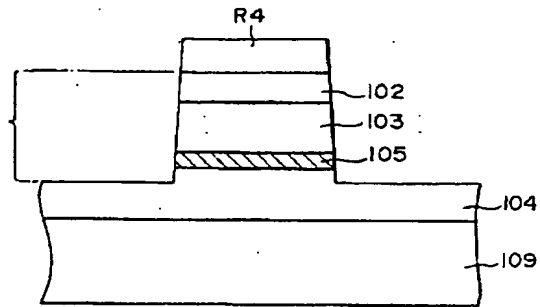
【図3】



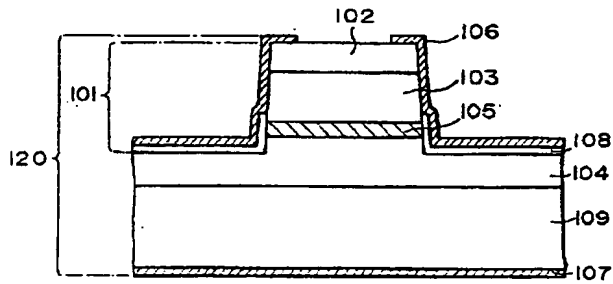
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

